

Dickeya ja *Pectobacterium*: jatkuva uhka perunantuotannolle

Yeshitila Degefu, Luonnonvarakeskus, Vihreä Teknologia, Agrobiotekniikka, Paavo Havaksen tie 3, 90014 Oulun yliopisto

Tiivistelmä

Tässä artikkelissa tarkastellaan perunan *Dickeya*- ja *Pectobacterium*-bakteeri- ja perunantyyvimätä- ja märkämätättilannetta sekä niiden muutoksia perunan taudinaiheuttajina ja kasvitauteina Suomessa ja muualla Euroopassa. Lyhyesti kuvataan myös uusien tautityyppien ja -kantojen ilmaantumista, vakiintumista ja leviämistä alueille, joilla niitä ei ole ennen havaittu, sekä muita uusia uhkia perunantuotannolle Euroopassa ja Suomessa. Artikkelissa esitellään Suomessa tehdyn tutkimuksen tuloksia ja joitakin tulevaisuuden tutkimusnäköymiä alustavaa ohjeistusta varten, jolla taudinaiheuttajien leviämistä ja vakiintumista voitaisiin rajoittaa erityisesti High Grade (HG) –siementuotantoalueilla.

Johdanto

Kansainvälinen perunakeskus (CIP) on määritellyt perunan maailman kolmanneksi tärkeimmäksi ravintokasviksi riisin ja vehnän jälkeen koskien ihmisen ruuan kulutusta. Yli miljoona miljoonaa ihmistä maailmassa syö perunaa, jonka maailmantuotanto ylittää 300 miljoonaa tonnia (<http://cipotato.org/potato/facts>). Tätä tärkeää kasvia, jota voidaan pitää lupaavana tulevaisuuden ravintokasvina, uhkaavat 160 erilaista tautia ja vioitusta, joista 50 on sieniperäisiä, 10 bakteerien ja 40 virusten aiheuttamia. Muiden perunan oireilujen aiheuttajaa ei tunneta (Arora & Khurana, 2004, Czajkowski et al., 2011). Taudit voivat vaikuttaa lehtiin, varsiin ja mukuloihin kaikissa kasvin kehitysvaiheissa ja niitä voi esiintyä sekä kasvun aikana että varastoitaessa. Taudit johtavat yleensä sadon alenemiseen ja laadun heikkenemiseen. Historian perusteella tiedämme, että Irlannin nälänhätä 1846-1850, joka on yksi ihmiskunnan historian pahimmista onnettomuuksista ja johti miljoonien ihmisten kuolemaan ja maastamuuttoon, aiheutui perunaruton nimellä tunnetusta perunasairaudesta ("late blight of potato", *Phytophthora infestans*). Perunaruton ongelmaan ei vielä 2000-luvullakaan ole keksitty ratkaisua. Eurooppalaisessa perunantuotannossa on kasvukauden aikana toistuvasti käytettävä perunaruton hallintaan kasvinsuojeluaineita, mikä kasvattaa tuotantokuluja ja lisää ympäristöriskejä. Tämän takia on tärkeää ylläpitää tehokasta ja kestävä kehityksen periaatteille nojaavaa tautien kontrollointia, jotta perunasadosta saataisiin mahdollisimman hyvä.

Perunan bakteeriperäiset taudinaiheuttajat kuuluvat perunantuotannon pahimpiin ongelmiin. *Dickeya*- ja *Pectobacterium* -bakteerien aiheuttamat perunantyyvimät ja märkämät ovat haitallisimmat ja tuhoisimmat perunataudit, ja niiden aiheuttavat tappiot siemen- ja ruokaperunantuotannossa ovat suuria. *Dickeya*- ja *Pectobacterium*-bakteerien aiheuttamien vuotuisten tappioiden pelkästään Hollannin siemenperunantuotannossa arvioidaan olevan jopa 30 miljoonaa euroa. Perunantyyvimädän ja märkämädän taloudelliset vaikutukset ovat olleet kasvussa uuden aggressiivisen *Dickeya* -bakteerityypin, *Dickeya solanin* leviämisestä johtuen (Toth et al., 2011). Nykyään omana lajinaan pidettyä bakteerityyppiä on esiintynyt Ranskassa, Suomessa, Puolassa, Hollannissa ja Israelissa (Tsrer et al., 2008, Slawiak et al., 2009, Laurila et al., 2010, Degefu et al. 2013). Suomessa lämpiminä kesinä esiintyneet perunantyyvimätäepidemiat aiheutuivat *D. solani* -bakteerista (Degefu et al., 2013). Kaikki raportoidut tautiesiintymät ovat kloonin liittyviä, mikä viittaa siihen, että niillä on yhteinen alkuperä tai että ne johtuvat samasta saastuntalähteestä. Sama bakteerikanta on havaittu koristekasvina käytetystä hyasintissa, mikä on saanut tutkijat otaksumaan, että taudinaiheuttaja on siirtynyt hyasintista perunaan pilaantuneen kasteluveden mukana (Slawiak et al., 2009). Bakteeria on löydetty myös jokivedestä (Laurila et al., 2008).

Lisäksi kahden *Pectobacterium*-lajin on havaittu aiheuttavan perunantyyvimätää. *Pectobacterium brasiliensis*, joka on erittäin aggressiivinen bakteerityyppi, aiheuttaa perunantyyvimätää Brasiliassa (Duarte et al., 2004) ja Etelä-Afrikassa (van der Merwe et al., 2010). Joidenkin epävirallisten tietojen mukaan tätä bakteerilajia on löydetty perunasta myös Sveitsissä (Patrice de Werra, yksityisviesti).

Pectobacterium wasabiae-bakteeri, joka löydettiin ensin Japanissa sikäläisestä piparjuuresta (Gardan et al., 2003, Pitman et al., 2010) ja myöhemmin perunasta Uudessa Seelannissa (Pitman et al., 2010) ja myös USA:ssa ja Kanadassa (Ma et al. 2007; De Boer et al., 2012) ja Euroopassa (Nabhan et al. 2012). Viimeaikaisten tutkimusten mukaan (Waleron et al., 2013; Nabhan et al., 2012; Nykyri et al., 2012) *P. wasabiae* -bakteeria on esiintynyt perunaviljelmillä ympäri maailman, mutta sitä ei ole aiemmin analysoitu. Vuodesta 1960 alkaen tehdyt genomiset proteomiikkaan perustuvat tutkimukset Suomessa, Irlannissa ja Saksassa eivät pystyneet tunnistamaan taudinaiheuttajaa, jonka nyt voidaan tarkasti analysoida *P. wasabiaena*. Aiemmin tunnistus perustui biokemiallisiin testeihin, mutta vasta tehdyn tutkimuksen mukaan (Waleron, et al., 2013) rutiininomaisesti *Pectobacterium*-bakteerin tunnistamiseen käytetyt biokemialliset testit eivät kyenneetkään tunnistamaan *P. wasabiae* -bakteeria. Se pystytään tunnistamaan vain molekyyliperusteisellä menetelmällä.

Taudinaiheuttajien kirjo?

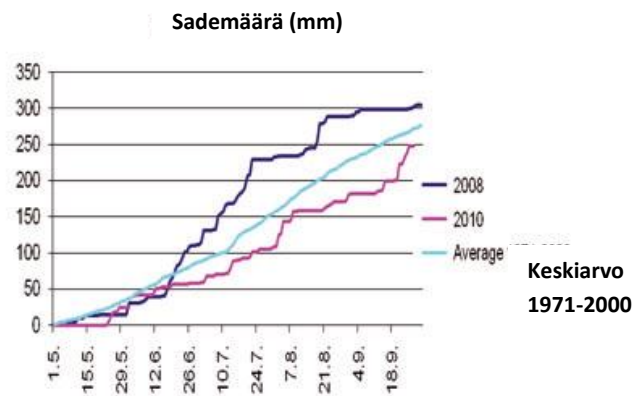
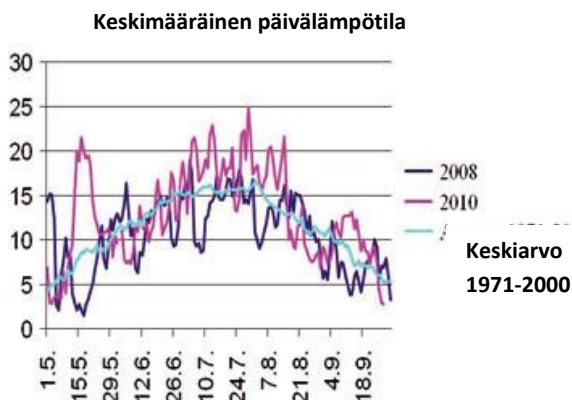
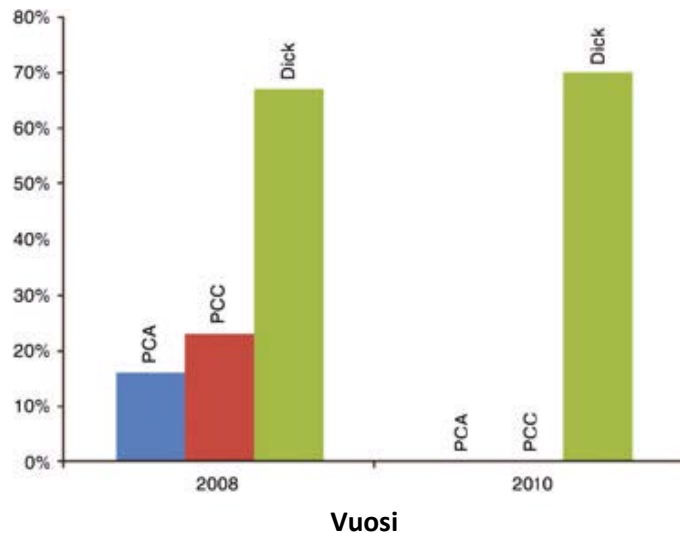
Pääsyy Länsi-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa esiintyvään perunantyyvimätään on ollut *Pectobacterium atrosepticum*. Aikoinaan luultiin että yksi ainoa tämän bakteerin serotyyppi aiheuttaa perunantyyvimädän (De Boer et al., 1987). *Pectobacterium* -bakteerin lajien ja alalajien

määrä on kasvanut viime vuosina, ja kuten yllä todettiin, *Dickeya spp.* -bakteerista on tullut merkityksellinen perunantyvimmädän aiheuttaja Euroopassa. Perunantyvimmädän ja märkämädän etiologiassa on tapahtunut muutos, ja yhden ainoan *Pectobacterium atrosepticum* (jota aiemmin kutsuttiin nimellä *Erwinia carotovorum* subsp. *atrosepticum*) -bakteeriserotyypin aiheuttamasta taudista onkin kehittynyt joukko tauteja, joita aiheuttaa erilaiset bakteerilajit. On haastavaa erottaa ja tunnistaa perinteisillä mikrobiologisilla testeillä taudinaiheuttajien kirjoa. (De Boer et al., 2012) *P. atrosepticum* ja *P. carotovorum* olivat ennen yleisimmät kasvien märkämädän aiheuttajat ja ne voitiin helposti tunnistaa biokemiallisten testien avulla. Kun uudet bakteerilajit, *P. wasabiae* ja *P. carotovorum* alalaji *brasiliensis* ilmaantuivat, niitä on ollut vaikeampi tunnistaa ainoastaan biokemiallisten testien avulla (Waleron et al., 2013), sillä hiilihydraattien käyttötavat ja muut fenotyyppiset piirteet vaihtelevat saman bakteerilajin eri kantojen välillä (De Boer, et al. 2013).

Lisäksi jopa samassa kasvissa on havaittu esiintyvän useampia *Pectobacterium spp.* -bakteerityyppejä. Perinteisiin bakteeriviljelymenetelmiin verrattuna PCR-perusteiset testausmenetelmät, joita käytetään taudinaiheuttajien löytämiseen mukuloista ja tartunnan saaneista kasveista, ovat pystyneet tarkentamaan tyvi- ja märkämädän aiheuttajiksi useampia erilaisia bakteerikantoja. Se, että tartunnan saaneista kasveista on löydetty useampia eri *Pectobacterium* ja *Dickeya spp.* -bakteerityyppejä, tuo esiin kysymyksen onko näillä taudinaiheuttajilla yhteisvaikutuksia luonnollisessa ympäristössä. Kyse on siis siitä, onko näillä genotyypeillä yhteisvaikutusta, mikä laajentaisi taudin esiintymistä tai pahentaisi tautia, vai vaikuttavatko ne toisiaan vastaan, mikä vähentäisi taudin aiheuttamia haittoja. Tyvi- ja märkämätää aiheuttavien bakteerien yhteis- ja vastavaikutuksia on vielä tutkittava lisää. Joissakin alustavissa kokeissa, joissa sekä *P. atrosepticum*- ja *P. wasabiae* -bakteeria saastutettiin tyhjiöruiskutusmenetelmällä siemenmukuloihin, havaittiin, että tautia ei esiintynytkään myöhemmissä kasvuvaiheissa (De Boer, et al., 2012). Lisäksi eräässä julkaisemattomassa tutkimuksessa todettiin, että tyvimädän aiheuttamat ongelmat vähenivät, kun perunaan saastutettiin yhtä aikaa sekä *Dickeya spp.*- että *P. carotovorum* -bakteeria (van der Wolf, julkaisematon).

Dickeya- ja *Pectobacterium*-alatyypit mukautuvat erilaisiin sääolosuhteisiin ja erityisesti erilaisiin lämpötilaolosuhteisiin eri tavoin. Siinä missä *P. atrosepticum* ja *P. wasabiae* aiheuttavat tyvimätää viileämissä sääoloissa, *Dickeya solani* aiheuttaa vakavia tyvimätäepidemioita lämpötilan ollessa n. 25°C (Degefu et al., 2013). Tällaisissa lämpimissä sääolosuhteissa *D. solani* on usein yleisempi kuin muut taudinaiheuttajatyypit (kuva 1). *P. brasiliensis* -tyypin esiintyminen rajoittuu nykytietämyksen mukaan trooppiseen ja subtrooppiseen ilmastoon. On siis ilmeistä, että tiettyjen tyvimätää aiheuttavien taudinaiheuttajatyypien esiintyvyys on todennäköistä tietynlaisissa kasvuolosuhteissa. Tutkimustuloksemme viiden vuoden seurantajaksoilta osoittavat vallitsevien sääolosuhteiden

(Degefu, julkaisematon) vaikuttavan siihen, mikä tyvimätää aiheuttavista bakteerityypeistä on vallitseva kullakin kasvukaudella.

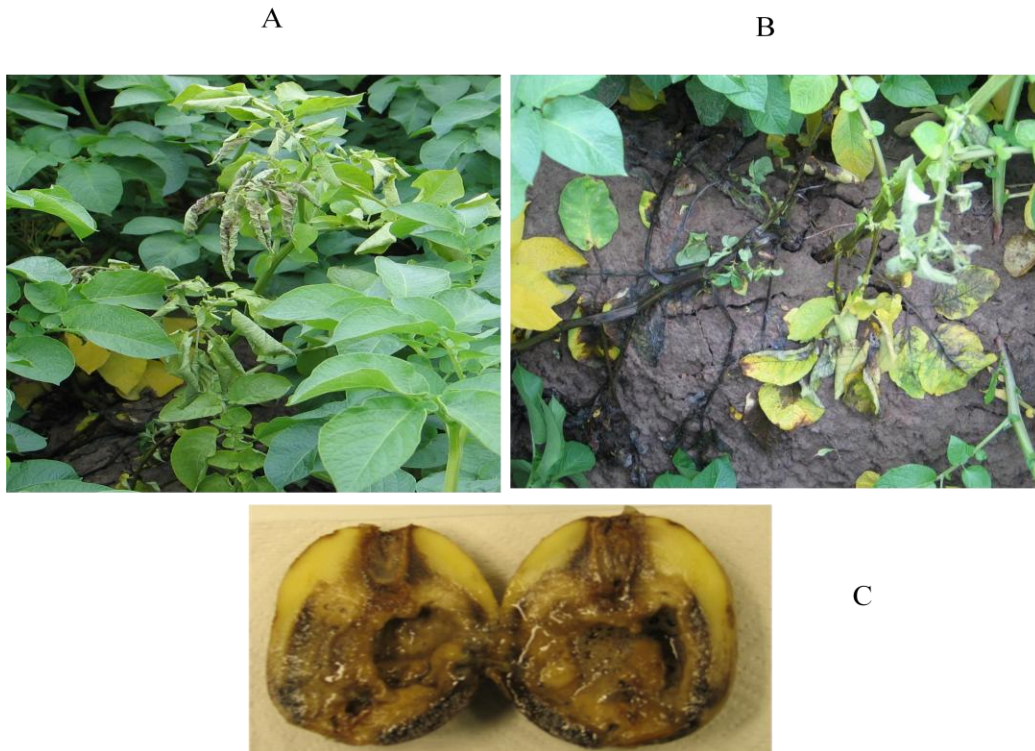


Kuva 1. *Dickeya solani*- ja *Pectobacterium spp.* -tyyppien vallitsevuus perunan tyvimädän aiheuttajina kahden erilaisia sääolosuhteita edustavan kasvukauden aikana: 2008 (viileämpi kesä) ja 2010 (lämmön kesä). (Degefu et al., 2013)

Oireet

Tyvimädän aiheuttajina ovat saastuneet siemenperunat, ja oireet voivat ilmetä useissa kasvin kasvuvaiheissa. Pahimmissa tapauksissa siemenmukulat ja kehittyvät idut voivat mädäntyä jo ennen verson ilmaantumista maan pinnalle. Tyvimätä kehittyy usein myöhemmissä

kasvuvaiheissa ja myös kukinnan aikana. Tässä tapauksessa tartunnan saaneissa kasveissa tyvimätä siirtyy siemenmukulasta ylös varteen ja ilmenee mätänä t. bakteerilimana varsien tyvillä, jonka väri voi vaihdella kiiltävänmustasta vaaleanharmaaseen. Tartunnan saaneiden kasvien lehdet taipuvat usein reunoiltaan ylöspäin (kuva 2A), kellastuvat, lakastuvat ja usein kuolevat (kuva 2B). Varsi voi saada tartunnan haavojen tai kasvissa luonnostaan esiintyvien ilmarakojen kautta. Tartunnan saaneiden kasvien varsissa olevat vioittumat näkyvät ensin epäsäännöllisen muotoisina ruskehtavista kiiltävän mustiin alueina, jotka sitten suurenevat pehmeiksi sienimäisiksi mätäalueiksi, ja johtavat sitten koko varren kuihtumiseen ja kuolemaan (kuva 2B). Bakteeritartunnan saaneissa perunamukuloissa on pehmeitä ja vetisiä alueita, joiden koostumus on hieman rakeinen. Vaurioituneen solukon väri vaihtelee kermanvärisestä kellanruskeaan, ja usein sitä erottaa terveestä solukosta musta reuna-alue. Alkuvaiheessaan mätäalue on usein hajuton, mutta se muuttuu usein pahanhajuiseksi muiden hajottajabakteerien alkaessa vaikuttaa solukkuun. Hajottavat organismit tuhoavat suurimman osan mukulan mallosta (kuva 2C), jolloin joskus vain mukulan kuori jää jäljelle maahan. Yksi ainoa mätänevä solukko voi tuottaa jopa 200 ml bakteerilimaa siemenperunan lähelle, mikä saastuttaa terveet siemenet lajittelun tai istutuksen aikana.



Kuva 2. Perunan tyvi- ja märkämädän oireita. Kuihtumisen alkuvaihe (A), kuihtumisen edistynyt vaihe ja tyypillinen *Dickeya* ja *Pectobacterium* -bakteerien aiheuttama perunan tyvimätä (B) ja märkämätä (C) . (kuvat: Yeshitila Degefu, MTT Oulu)

Siinä missä tyypillinen tyvi- ja märkämätä on helppo erottaa muista sairauksista visuaalisella tarkastelulla, lämpimissä ja kuivissa oloissa *Dickeya* spp. -bakteerin aiheuttamat oireet on helppo sekoittaa muiden kuihtumista aiheuttavien sairauksien oireisiin. Israelissa on havaittu (kuva 3), että *Dickeya* spp. -bakteerin aiheuttamia lakastumisoireita ei voitu erottaa *Verticillium dahliae* -bakteerin aiheuttamista tai kasvin luonnollisen vanhenemisen mukanaan tuomista oireista.



Kuva 3. Israelissa kuivissa oloissa ilmenevät taudin oireet näkyvät aluksi ylempien lehtien kuihtumisena, jota sitten seuraa alempien lehtien kuihtuminen ja kuivuminen sekä mukulan märkämätä (tämä eroaa viileissä ja kosteissa oloissa ilmenevistä oireista) (kuvat: L.Tsrer, Gilat Research Centre, Israel).

Taloudelliset vaikutukset

Tyvimätää tai varsimätää esiintyy pellolla kasvuvaiheessa ja mukuloiden märkämätää esiintyy maassa kasvuvaiheessa, kuljetuksen tai varastoinnin aikana satomukuloissa. Hävikkiä voi siis esiintyä kaikissa tuotantovaiheissa, ja satotappiot voivat olla vakavia. Mikäli märkämätä etenee varastoinnin aikana, silloin tuotanto-, sadonkorjuu- ja varastointikulut jäävät taloudellisiksi tappioiksi. *Dickeya*- ja *Pectobacterium* spp. -bakteerien aiheuttamat tappiot sisältävät satohävikit ja siemenperunaluokan alenemisen tarkastuksen yhteydessä. Johtuen kansallisten sertifiointikriteerien eroista taloudelliset vaikutukset vaihtelevat maasta toiseen (Toth et al., 2014). Vaikka tappioita ei ole dokumentoitu maailmanlaajuisesti, todennäköisesti ne yltyvät satoihin miljooniin euroihin. *Dickeya*- ja *Pectobacterium*-bakteerien aiheuttamien vuotuisten

tappioiden pelkästään Hollannin siemenperunantuotannossa arvioidaan olevan jopa 30 miljoonaa euroa.

Taudin siirtyminen ja selviytyminen

Tyvi- ja märkämätää aiheuttavien bakteerien elinaika on hyvin lyhyt. Aiemman tiedon ja omien uusimpien tutkimustemme mukaan bakteerin elinaika maassa on vain 3 - 6 kuukautta. Näin ollen on ilmeistä, että maaperällä ei ole merkittävää osaa infektion lähteenä sellaisissa oloissa, joissa käytössä on hyvä viljelykierto. Kaksivuotisen tutkimuksen mukaan (Degefu, julkaisematon) taudinaiheuttajat säilyivät hengissä suomalaisen talven yli tartunnan saaneissa mukuloissa (kuva 3) ja kasvin jätteissä, jotka päätyivät viljelymaan pinnalle syystöiden yhteydessä. Bakteeria on myös joskus tavattu syvään hautautuneiden mukuloiden tytärmukuloista. Käytännössä itsestään levinneiden perunakasvien (maahan jääneiden mukuloiden) rooli *Dickeya*- ja *Pectobacterium*-bakteerien siirtäjinä on pienempi kasvinvuorotukseen perustuvassa perinteisessä perunanviljelyssä. Usein on myös havaittu, että rikkakasvien torjunta-aineet tuhoavat itsestään leviävät perunakasvit erityisesti silloin, kun seuraavaksi viljellään viljalajiketta ja rikkakasvien torjunta-ainetta käytetään erityisesti sirkkavaiheisia rikkakasveja vastaan.



Kuva 4. Maassa talvehtineet mukulat ja syksyllä maanmuokkauksessa pintaan nousseet otettiin aikaisin keväällä *Dickeya*- ja *Pectobacterium* spp – bakteeritutkimuksiin. Mukulat olivat pehmeitä ja vetisiä. (kuva: Yeshitila Degefu, MTT Oulu)

Rikkakasvien osuutta *Dickeya*- ja *Pectobacterium* spp -bakteerien säilymiseen ei tunneta. Tutkimuksia on tehty vain vähän ja raportit eivät ole kovin kattavia. Hiljattain tehdyssä

tutkimuksessa (Tsrer et al., 2010) havaittiin ja tunnistettiin *Dickeya* spp. -bakteeri *Cyperus rotundus* -rikkakasvista, joka kasvaa lämpimässä trooppisessa ilmastossa. Erään toisen tutkimuksen mukaan *Pectobacterium carotovorum* on tunnistettu joistakin rikkakasveista (McCarter-Zorner et al., 1985). Suomessa *Dickeya* spp. -bakteeria on löydetty PCR-menetelmällä ristikukkaisten rikkakasvien juurista *Dickeya*llalla saastuneelta pellolta (Degefu, julkaisematon). Itse kasvi ei osoittanut taudin oireita ja sen juurista löydetty bakteerit olivat vain pinnallisia eivätkä ne olleet infektineet juuria.

Monista maista peräisin olevien raporttien mukaan *Dickeya*- ja *Pectobacterium*-bakteeria on löydetty jokivesistä ja vesireiteiltä (Laurila et al., 2008; Toth et al., 2010 ja näiden viitekirjallisuus). Näin ollen on mahdollista, että bakteerit ja taudinaiheuttajat siirtyvät ja leviävät veden välityksellä silloin, kun käytetään kastelua. Vesinäytteistä on löytynyt vain vähäisiä määriä bakteereita, mikä tekee niiden havaitsemisen ja erottamisen vaikeaksi ilman rikastusta. Toistaiseksi *Dickeya*- ja *Pectobacterium* -bakteereja Etelä-Suomen jokivesistöistä. Pohjois-Suomessa *Dickeya* spp. -bakteeria on löydetty Lestijoesta ja Himangan ympäristöstä, sellaisilta alueilta, joilla viljellään enimmäkseen ruokaperunaa ja pelloja kastellaan normaalia useammin. Toistaiseksi *Dickeya*- tai *Pectobacterium* -bakteereita ei ole havaittu jokivesistä tai vesiväyliltä Suomen HG-siemenperunanviljelyalueiden ympäristöissä.

Sadon bakteerisaastunta voi tapahtua myös pellolla tai varastoinnin aikana ilmateitse (kosteus) tai hyttysten välityksellä (Pérombelon, 1992; Czajkowski et al., 2011 ja näiden viitteet). Vaikka bakteerit voivatkin kulkeutua pitkiä matkoja, ilmajälitteisesti kulkeutuvien bakteerien elinajan on todettu olevan hyvin lyhyt ja niillä on luultavasti vähemmän merkitystä tautiepidemioiden kannalta.

Näin ollen tiedetään, että *Dickeya* ja *Pectobacterium* selviävät huonosti isäntäkasvin ulkopuolella (peruna) ja piilevästi infektointuneet siemenperunat ovat tyvimädän pääasiallinen syy. Mätänevistä siemenperunoista peräisin oleva bakteeri voi siirtyä perunan juuriin ja kasvin johtojänteiden kautta uusiin mukuloihin, joissa se voi aiheuttaa varsi- tai tyvimätää tai säilyä piilevänä (Czajkowski et al., 2010). Terveet siemenperunat voivat saada tartunnan mätänevistä uusista mukuloista sadonkorjuun, lajittelun ja istutuksen aikana. Yksi ainoa mätänevä solukko voi arvioiden mukaan tuottaa jopa 200 ml bakteerilimaa, joka voi saastuttaa jopa 100 kg siemenperunaa.

Kontrollitoimenpiteet.

Tyvi- ja märkämädän kontrollointi on hyvin haastavaa. Monia menetelmiä on kokeiltu, mutta ei hyvin tuloksin. Kemo- ja termoterapia eivät ole käytännöllisiä menetelmiä, eikä taudille resistentteja perunalajikkeita ole olemassa. Tuotantoon liittyvät toimenpiteet, kuten huonosti kuivuvien lohkojen ja liiallisen kastelun välttäminen, sekä hygieeniset toimenpiteet, kuten koneiden ja laitteiden puhdistus, auttavat minimoimaan tautiriskiä. Yleisesti piilevän bakteeritartunnan saaneet siemenperunat ovat taudinaiheuttajia. Kasvitautilien hallintastrategiat

ovat kohdistuneet siemenperunajärjestelmään - taudeista vapaista minimukuloista tautivapaassa ympäristössä kasvatetun siemenperunan käyttöön ja siemenperunan sertifiointijärjestelmiin. Siinä missä minimukuloiden tuotanto ravinneliuosviljelyssä tai aeroponisella menetelmällä on tehostanut siemenperunan riskiä varhaisen mukulasukupolven peltotartunnoilta, myös peltoviljelyyn korkealuokkaisen ensimmäisen mukulasukupolven tartuntatekijöitä on tarkkailtava (Degefu, julkaisematon). On vielä epäselvää missä korkealuokkaisen ensimmäisen siemenperunasukupolven tartunta voisi tapahtua, ja myös kasvatussolukkomateriaalin ja minimukuloiden tarkkaa testaamista *Dickeya*- ja *Pectobacterium*-bakteerien varalta tarvittaisiin siemenen puhtauden varmistamiseksi.

Korkealuokkaisen HG-siemenperunan viljelyalueiden suojele

Tyvimätää voi usein esiintyä runsaasti, kun käytetään sertifiointitonta tai tilalla varastoitua siemenperunaa (Degefu et al., 2013). High Grade -statuksen myöntää EU ja sillä pyritään turvaamaan puhtaan siemenperunan saatavuus perunantuotannolle. HG-siemenperuna-alueiden tarkoituksena on pitää yllä korkeaa puhtaustasoa kansallisessa perunantuotannossa. Tällä estetään siemenperunan maahantuonti alueilta, joilla esiintyy vahingollisia taudinaiheuttajia. EU:n HG-siemenperunantuotantoalueisiin kuuluvat Pohjois-Suomessa sijaitsevien Tyrnävän ja Limingan kuntien lisäksi, Irlanti, Skotlanti, Cumbria ja Northumberland Englannissa, jotkut Saksan osat sekä Azorit. HG-statukseen liittyy myös velvoite pitää kyseinen alue vapaana vaarallisista taudinaiheuttajista ja tuholaisista. Tämän takia High Grade -statukseen yhdistetään korkeatasoinen ja tautivapaa siemenperuna maissa, joissa nämä alueet sijaitsevat. On tärkeätä, että statuksen omaavat maat noudattavat tiukkoja tuotantomenetelmiä alueiden suojaamiseksi aggressiivisia *Dickeya*- ja *Pectobacterium*-bakteereja vastaan, sillä tyvi- ja märkämätäongelma on alati laajeneva Euroopassa. Oulussa toimiva Luonnonvarakeskus (Luke) on ryhtynyt toimiin laatiakseen toimenpidemallin HG-alueen kasvinterveyden edistämiseksi. Hankkeessa ovat mukana HG-alueella toimivat siemenperunatalot ja viljelijät. Sen tarkoitus on tarkkailla perunan tuotantoketjun toimintaa ja työtapoja erityisesti HG-alueella.

HG-statuksen tarkoitus on varmistaa terveen siemenperunan tuotanto, mikä on kestävä perunantuotannon perusedellytys. HG-statuksen omaavilla mailla on myös etuoikeus tehostaa siemenperunanvientitoimia ja kehittää tällä tavalla talouttaan. Tarkka HG-statuksen perusteiden ja siihen liittyvien velvoitteiden vaaliminen on tärkeätä perunaa ja maailman ravintoaineturvallisuutta uhkaavien vieraslajien ja kasvitautiongelmien leviämisen ehkäisemiseksi.

Viitteet

De Boer S. H., Li, X., and Ward L. J. 2012. *Pectobacterium* spp. associated with bacterial stem rot syndrome of potato in Canada. *Phytopathology* **102**:937-947.

De Boer S.H., Veronck, L., Vrugink, H., Harju P., Bång, H.O., De Ley, J. (1987) Serological and biochemical variation among potato strains of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* and their taxonomic relationship to other *E. carotovora* strains. *Journal of Applied Bacteriology* **63**, 487-495

Degefu, Y., Potrykus, M., Golanowska, M., Virtanen, E., Lojkowska, E. (2013) A new clade of *Dickeya* spp. plays a major role in potato blackleg outbreaks in North Finland. *Annals of Applied Biology* **162**:231-241.

Duarte V., De Boer S.H., Ward L.J., De Oliveira A.M., 2004. Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. *Journal of Applied Microbiology* **96**, 535-545.

Gardan L., Gouy C., Christen R., Samson R., 2003. Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp.nov., *Pectobacterium betavasculorum* sp. nov. and *Pectobacterium wasabiae* sp.nov. *International Journal of Systematic Bacteriology* **53**, 381-91.

Goto, M., Matsumoto, K. (1987). *Erwinia carotovora* subsp. *wasabiae* subsp. nov. isolated from diseased rhizomes and fibrous roots of Japanese horseradish (*Eutrema wasabi* Maxim.). *International Journal of Systematic Bacteriology* **37**, 130–135.

Laurila J., Ahola V., Lehtinen A., Joutsjoki, T., Hannukkala, A., Rahkonen, A., Pirhonen, M. (2008) Characterization of *Dickeya* strains isolated from potato and river water samples in Finland. *International Journal of Systematic Bacteriology* **122**, 213-25.

Ma, B., Hibbing, M.E., Kim, H.S., Reedy, R.M., Yedidia, I., Breuer, J., Breuer, J., Glasner, J.D., Perna, N.T., Kelman, A., and Charkowski, A.O. (2007) Host range and molecular phylogenies of the soft rot enterobacterial genera *Pectobacterium* and *Dickeya*. *Phytopathology* **97**:1150-1163

McCarter-Zorner, J., Harrison, M.D., Franc, G.D., QUINN, C.E., Ann Sells, I. & Graham, D.C. (1985). Soft rot *Erwinia* bacteria in the rhizosphere of weeds and crop plants in Colorado, United States and Scotland. *Journal of Applied Bacteriology* **59**, 357-368

Nabhana, S., Wydrab, K., Lindec, M., and Debener, T. (2012). The use of two complementary DNA assays, AFLP and MLSA, for epidemic and phylogenetic studies of pectolytic

enterobacterial strains with focus on the heterogeneous species *Pectobacterium carotovorum*. *Plant Pathology* **61**, 498–508

Nykyri J, Niemi O, Koskinen P, Nokso-Koivisto J, Pasanen M, Broberg M., Plyusnin I, Petri Toronen, P., Liisa Holm, L, Pirhonen, M. Palva, T (2012) Revised phylogeny and novel horizontally acquired virulence determinants of the Model Soft Rot phytopathogen *Pectobacterium wasabiae* SCC3193. *PLoS Pathog* 8(11): e1003013. doi:10.1371/journal.ppat.1003013

Pitman A, Harrow S, Visnovsky S (2010). Genetic characterisation of *Pectobacterium wasabiae* causing soft rot disease of potato in New Zealand. *European Journal of Plant Pathology* **126**, 423-35

Pohto, A (2002). The special status and significance of the High Grade area (http://www.mmm.fi/el/julk/pdf/kasvintuhhojat_en.pdf)

Slawiak M, Van Backhoven JRCM, Speksnijder AGCL, Czajkowski R, Grabe G, Van Der Wolf JM (2009). Biochemical and genetical analysis reveal a new clade of biovar 3 *Dickeya* spp. strains isolated from potato in Europe. *European Journal of Plant Pathology* **125**, 245-61.

Toth IK, Van Der Wolf JM, Saddler G, Lojkowska E, Helias V, Pirhonen M, Tsrör L, Elphinstone JG (2011). *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. *Plant Pathology* **60**, 385-99

Tsrör [Lahkim], L, Lebiush, S Erlich, O, Ben-Daniel, B, van der Wolf, J. First report of latent infection of *Cyperus rotundus* caused by a biovar 3 *Dickeya* sp. (Syn. *Erwinia chrysanthemi*) in Israel. *New Disease Reports* (2010) 22, 14. [doi:10.5197/j.2044-0588.2010.022.014]

Tsrör L, Erlich O, Lebiush S, *et al.*, 2008. Assessment of recent outbreaks of *Dickeya* sp. (syn. *Erwinia chrysanthemi*) slow wilt in potato crops in Israel. *European Journal of Plant Pathology* **123**, 311-20.

Van Der Merwe J, Coutinho T, Korsten L, Van Der Waals J, 2010. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* causing blackleg on potatoes in South Africa. *European Journal of Plant Pathology* **126**, 175-85.

Waleron, M. Waleron, K. Lojkowska, E. (2013) Occurrence of *Pectobacterium wasabiae* in potato field samples. *European Journal of Plant Pathology* **137**:149-158